"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و ششم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر رشد و عملکرد گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آب و هوایی اهواز

Effect of sowing date and plant density on growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plant under climatic conditions of Ahvaz, Iran

محمد حسنی‌نسب[1]، اسفندیار فاتح[2]، امیر آینه‌بند[3]، علی منصفی[4] و کورش بهنام‌فر[5]

چکیده

حسنی‌نسب، م.، ا. فاتح، ا. آینه‌بند، ع. منصفی و ک. بهنام‌فر. ۱۴۰۳. اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر رشد و عملکرد گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در شرایط آب و هوایی اهواز. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۶ (۲): ۱۸۶ -۱۷۰.**

گیاه چای ترش یک گیاه دارویی است که علاوه بر کاربرد دارویی در تولید دمنوش‌های گیاهی، نوشیدنی‌های سرد و گرم و طعم‌دهنده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اهمیت تاریخ کاشت و تراکم بوته در زراعت و تولید محصول گیاه دارویی چای ترش، آزمایشی در سال ۱۴۰۱ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان در شهرستان اهواز به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تاریخ کشت در پنج سطح (۲۲ فروردین، اول اردیبهشت، ۱۰ اردیبهشت، ۲۰ اردیبهشت و اول خرداد) در کرت‌های اصلی و تراکم‌های بوته در سه سطح (چهار، هشت و ۱۲ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. صفات و شاخص‌های گیاهی مورد ارزیابی ویژگی‌های مربوط به اجزای عملکرد شامل وزن خشک بوته، وزن خشک غوزه، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه، وزن کاسبرگ در بوته، عملکرد زیستی، عملکرد کاسبرگ و عملکرد دانه بودند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غوزه در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم‌های چهار و هشت بوته در مترمربع (به‌ترتیب ۲۴ و ۲۲/۷ دانه)، بیشترین وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت اول و ۱۰ اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع (۱۹ گرم)، بیشترین وزن کاسبرگ در تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع (۴۳/۹ گرم) و بیشترین عملکرد زیستی در تاریخ کاشت اول اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع (۴۴۷۰۷/۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمدند. بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (۹)، وزن خشک غوزه (۰/۸۹۳ گرم)، تعداد غوزه در بوته (۲۰۹/۹ عدد) و محتوای آنتوسیانین کاسبرگ (۰/۳۲۹ میکرومول در گرم) در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت به‌دست آمدند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تاخیر در کاشت باعث کاهش ویژگی‌های گیاهی و اجزای عملکرد چای ترش شد. ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه چای ترش در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت با تراکم هشت بوته در مترمربع نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت و تراکم‌های بوته برتری داشت و از این نظر برای شرایط آب و هوایی اهواز مناسب‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین کاسبرگ، چای ترش، شاخص سطح برگ، عملکرد زیستی و عملکرد کاسبرگ

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۱
این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (مکاتبه کننده، e.fateh@scu.ac.ir ✉)

۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۵- استادیار بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

Effect of sowing date and plant density on growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plant under climatic conditions of Ahvaz, Iran

Hasani Nasab, M.[1], Fateh, E.[2], Aynehband, A.[3], Monsefi, A.[4] and Behnamfar, K.[5]

ABSTRACT

Hasani Nasab, M., Fateh, E., Aynehband, A., Monsefi, A. and Behnamfar, K. 2025. Effect of sowing date and plant density on growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plant under climatic conditions of Ahvaz, Iran**. Iranian Journal of Crop Sciences. 26(2): 170-186. (In Persian).**

Introduction: Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) is used as food, hot and cold drinks, flavoring, and medicine. During the critical stages of development when plants require optimum moisture and temperature during planting, germination, flowering, and fruit formaion, choosing the suitable sowing date can affect growth and yield of medicinal plants (Mir *et al*., 2011). The purpose of this study was to evaluate the effect of sowing date and plant density on some growth characteristics and yield components of roselle (sour tea) under the climatic conditions of Ahvaz, Iran.

Material and Methods: In order to evaluate the effect of sowing date and plant density on the growth and yield of roselle (sour tea), an experiment was carried out as split plot arrangements in randomized complete blocks design with three replications in the research farm of the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khuzestan province in Ahvaz, Iran, in 2022. Sowing dates at five levels (April 11, April 21, April 31, May 10, and May 22) were assigned to the main plots, and plant densities at three levels (4, 8, and 12 plant m^{-2}) were randomized in sub-polts. After emergence, seedlings were thinned to reach the defined plant density (4, 8, and 12 plant.m^{-2}) at three to four leaf stages. The growth characteristics were measured during five growth stages from 30 days after sowing dates and at intervals of 30 days. Roselle plants were harvested at the stage of boll ripening. After harvesting roselle plants, some characteristics related to yield components include plant dry weight, boll dry weight, number of boll.$plant^{-1}$, number of seed.$boll^{-1}$, 1000 seed weight, sepal weight.$plant^{-1}$, biological yield, dry sepal yield and seed yield were measured and recorded.

Results: Analysis of variance showed that the interaction of sowing date and plant density was significant on plant height, number of boll.$plant^{-1}$, number of seed.$boll^{-1}$, seed weight, sepal weight.$boll^{-1}$, biological yield, sepal dry weight, seed yield and seed harvest index. Also, the effect of sowing date was significant on leaf area index, plant dry weight, boll dry weight, sepal anthocyanin content and sepal harvest index. Mean comparison showed that the highest plant height was measured in Aprill 21 with 12, 4, and 8 plant.m^{-2} (198.2, 197.9, and 194.6 cm, respectively). The highest number of seed.$boll^{-1}$ was recorded in April 30 with 4 and 8 plant.m^{-2} (24 and 22.7, respectively). The heaviest single seed weight obtained in April 21 and April 30 with 8 plant.m^{-2} (19 g). The highest of sepal weight.$plant^{-1}$ was obtained in April 31 with 12 plant.m^{-2} (43.9 g.$plant^{-1}$). The highest biological yield was harvested in April 21 with 8 plant m^{-2} (44707.2 kg.ha^{-1}). Also, the highest leaf area index (9), boll dry weight (0.893 g), number of boll.$plant^{-1}$ (209.9) and sepal anthocyanin content (0.329 µmol g^{-1}) were measured in sowing date of April 30.

Conclusion: The results of this experiment showed that most of the growth characteristics and yield components of roselle (sour tea) plants sown on April 30 with 8 plant.m^{-2} were higher compared to other treatments. Delay in sowing date caused decreases in the growth characteristics and yield components, which is probably due to the increase in temperature and its effect on the growth and production of roselle plants. Considering the results of this experiment, the planting date of April 30 with plant density of 8 plant.m^{-2} was identified suitable packge for the growing of roselle under the environmental conditions of Ahvaz in Iran.

Key words: Biological yield, Leaf area index, Roselle, Sepal anthocyanin content and Sepal yield

---

Received: April, 2024 **Accepted: August, 2024**

1. Ph.D. Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Associate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding author, ✉ e.fateh@scu.ac.ir)
3. Professor., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4. Assistant Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
5. Assistant Prof., Forests and Rangelands Research Department of Khuzestan, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Ahvaz, Iran

مقدمه

گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) که با نام عمومی روزل (Roselle) نامیده می‌شود، از خانواده پنیرک (Malvaceae) و متعلق به گروهی از گیاهان دارویی و معطر است که در مناطق مختلف آفریقا و آسیا کشت می‌شود. این گیاه یک‌ساله بوده و ارتفاع آن به ۲ تا ۳ متر می‌رسد. چای ترش دارای برگ‌های ۳ تا ۵ وجهی سبز مایل به زرد و گل‌های زرد با کاسبرگ‌های سبز است که بعد از رسیدن میوه، کاسبرگ‌های آن به رنگ قرمز در می‌آیند (Chew *et al*., 2024). اگرچه به‌طور سنتی چای ترش به‌عنوان غذا، نوشیدنی گیاهی، نوشیدنی گرم و سرد، طعم‌دهنده در صنایع غذایی و به‌عنوان داروی گیاهی استفاده می‌شده است، ولی شهرت آن بیش‌تر به دلیل استفاده از آن به‌عنوان دمنوش گیاهی است (Yagi *et al*., 2023). عصاره چای ترش غنی از چندین بیومولکول و متابولیت‌های ثانویه ازجمله آنتوسیانین‌ها، اسید آسکوربیک، گلیکوزیدهای استروئیدی، فلاونوئیدها، اسید پروتوکاتچوئیک و اسیدهای هیبیسکوس است. این مولکول‌های گیاهی به‌عنوان عوامل تثبیت‌کننده و احیا کننده در سنتز سبز نانوذرات محسوب می‌شوند (Saod *et al*., 2024).

تاریخ کاشت یک عامل مهم زراعی در تولید و بهره‌وری محصولات زراعی است که بر عملکرد و کارایی تولید محصول تاثیر مثبت یا منفی دارد. انتخاب تاریخ کاشت مناسب اثر قابل‌توجهی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی دارد. گیاه چای ترش در طول مراحل بحرانی رشد و تمایز به رطوبت کافی و دمای مطلوب در زمان کاشت، استقرار گیاه، گلدهی و تشکیل میوه نیاز داشته و تاریخ نامناسب کاشت باعث مصادف شدن مراحل بحرانی رشد گیاه با تنش کم‌آبی و گرما شده و باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Meftahizadeh, 2021). تاریخ کاشت بر صفات مورفولوژیک گیاه چای ترش مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه‌های فرعی تاثیر می‌گذارد. تاریخ کشت مناسب باعث استفاده مطلوب گیاه چای ترش از دما، طول روز، رطوبت و تطبیق زمان گلدهی گیاه با شرایط مناسب محیطی شده و با تاثیر بر رشد و نمو گیاه، تاثیر قابل‌توجهی بر عملکرد و ترکیبات گیاه دارد (Parsa Motlagh *et al*., 2017). نتایج یک آزمایش نشان داد که تاخیر در کاشت گیاه چای ترش باعث کاهش تعداد غوزه، کاهش عملکرد کاسبرگ و زیست‌توده گیاه می‌شود (Mir *et al*., 2011). نتایج یک آزمایش دیگر درباره تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت گیاه چای ترش در بیرجند نشان داد که اجزای عملکرد گیاه در تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت در مقایسه با تاریخ‌های کاشت ۱۰ و ۳۰ خرداد بیشتر بودند (Seghatoleslami *et al*., 2013). علاوه بر تاریخ مناسب کاشت، تراکم بهینه نیز باعث افزایش بهره‌وری و استفاده مطلوب از عوامل محیطی و اقلیمی می‌شود. یکی از عوامل ایجاد رقابت بین گیاهان زراعی، تراکم بوته در واحد سطح است. تعیین تراکم بهینه برای حداکثر استفاده از ارزش‌های ژنتیکی ارقام گیاهی و عوامل محیطی، حائز اهمیت زیادی است. فاصله مناسب بین ردیف‌های کاشت و بین بوته‌ها بر روی ردیف‌ها، تعیین‌کننده فضای تحت اشغال قابل‌استفاده هر بوته خواهد بود (Mokhtarpour *et al*., 2008). اگرچه بالا بودن تراکم بوته در واحد سطح می‌تواند باعث افزایش عملکرد در واحد سطح شود، ولی افزایش بیش‌ازحد تراکم باعث افزایش رقابت بین بوته‌ها برای دریافت نور و عناصر غذایی شده و کاهش عملکرد در واحد سطح می‌شود (Bozorgi *et al*., 2011). نتایج تحقیقات نشان داده است که هر چه گیاه فضای بیش‌تری در اختیار داشته باشد نور بیش‌تری جذب کرده و فعالیت فتوسنتزی بهتری را انجام می‌دهد و درنتیجه رشد و عملکرد بیش‌تری خواهند داشت (Baloch *et al*., 2002). نتایج یک آزمایش روی گیاه چای ترش در زابل نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد

شاخه‌های فرعی، عملکرد زیستی و وزن تر کاسبرگ در تراکم چهار بوته در مترمربع در مقایسه با دو و شش بوته در مترمربع، دارای بیش‌ترین مقدار بودند (Borji Abad *et al.*, 2017). آزمایش حاضر با هدف ارزیابی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر رشد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش برای دستیابی به حداکثر عملکرد در شرایط اقلیمی اهواز انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۴۰۱ در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان در شهرستان اهواز با طول ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ۱۸ متر ارتفاع از سطح دریا با میانگین دمای سالانه ۲۵ درجه سانتی گراد، حداکثر دمای سالیانه ۵۴ درجه سانتی گراد، حداقل دمای مطلق ۷- درجه سانتی گراد، میانگین بارش طولانی مدت ۲۱۳ میلی‌متر و میانگین تبخیر سالانه ۲۰۰۰ میلی‌متر، به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۵ تیمار اجرا شد. تاریخ کشت در پنج سطح (۲۲ فروردین، اول اردیبهشت، ۱۰ اردیبهشت، ۲۰ اردیبهشت و اول خرداد) در کرت‌های اصلی و تراکم‌های بوته در سه سطح (چهار، هشت و ۱۲ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. آماده‌سازی زمین محل اجرای طرح دو هفته قبل از کاشت با عملیات ماخار (آبیاری قبل از شخم با هدف سبز شدن علف‌های هرز و رسیدن به رطوبت مطلوب برای شخم موثر) انجام شد. با رسیدن رطوبت مزرعه به حد ظرفیت زراعی، شخم با گاوآهن برگردان‌دار انجام و سپس نسبت به پخش کودهای پایه اقدام شد. کودهای شیمیایی فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) و پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) هرکدام ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پایه و یک‌سوم کود نیتروژن (از منبع اوره) به‌صورت پایه (به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و بقیه کود نیتروژن در دو مرحله چهار تا پنج برگی و قبل از ظهور غنچه‌ها، به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در هر مرحله، هم‌زمان با آبیاری به خاک داده شدند (Parsa Motlagh and Yazdini Bioki, 2018; Behnamfar and Abbas Torki, 2020). دیسک عمود بر هم در دو نوبت برای خرد کردن کلوخه‌ها و اختلاط کودهای شیمیایی با خاک، زده شد. پس از آن قطعه‌بندی زمین و ایجاد جوی و پشته‌ها انجام شد. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. بذرهای سالم و یک‌دست گیاه چای ترش رقم ویداس (Vidas) که از شرکت آرکا بذر ایرانیان تهیه شده بود، در تاریخ‌های کاشت مورد نظر عمق دو سانتی‌متری روی خط داغ‌آب طبق فواصل مورد نظر به‌صورت دستی کاشته شدند. مساحت هر کرت نه مترمربع (۳×۳) شامل چهار پشته ۷۵ سانتی‌متری به طول سه متر بود. پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها، بوته‌های اضافی در مرحله ۳ تا ۴ برگی برای رسیدن به تراکم‌های مورد نظر (چهار، هشت و ۱۲ بوته در مترمربع) تنک شدند. علف‌های هرز در طول دروه رشد گیاه به‌صورت دستی وجین شدند. آبیاری مزرعه به‌صورت نشتی انجام شد و فواصل آبیاری در مراحل ابتدایی رشد گیاه ۳ تا ۵ روز و پس از کامل شدن پوشش گیاهی، ۷ تا ۱۰ روز بود.

ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و شاخص سطح برگ در پنج مرحله رشدی گیاه از ۳۰ روز پس از کاشت بذر با فاصله ۳۰ روز اندازه‌گیری شدند. سطح برگ بوته‌ها با استفاده از دستگاه سطح‌سنج برگ (WinDIAS3, ΔT, UK) اندازه‌گیری شد. بوته‌های چای ترش در مرحله رسیدگی غوزه‌ها (خشک شدن دانه‌ها) برداشت شدند. بوته‌های کاشته شده در ۲۲ فروردین در تاریخ اول آبان، بوته‌های کاشته شده در اول اردیبهشت

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (۱۴۰۱)

Table 1. Meteorological information of the experiment site (2022)

Month	ماه	میانگین دمای خاک Mean soil temperature (°C)	میانگین دمای هوا Mean air temperature (°C)	حداقل دمای هوا Min air temperature (°C)	حداکثر دمای هوا Max air temperature (°C)
Apr.	فروردین	17	28	21	36
May	اردیبهشت	20	32	29	44
Jun.	خرداد	24	39	30	45
Jul.	تیر	28	38	30	48
Aug.	مرداد	26	39	31	46
Sep.	شهریور	18	31	22	39
Oct.	مهر	16	28	18	39
Nov.	آبان	13	21	15	29

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of soil at the experimental site

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت Texture	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن N (%)	کربن آلی O.C. (%)	pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
0-30	Silty-Clay	241	7.1	0.11	0.87	8.39	2.68
30-60	Silty-Clay	215	6.15	0.075	0.71	8.10	1.78

در تاریخ پنج آبان، بوته‌های کاشته شده در ۱۰ اردیبهشت در تاریخ هشت آبان و بوته‌های کاشته شده در ۲۰ اردیبهشت و یک خرداد نیز در تاریخ ۲۰ آبان برداشت شدند. پس از برداشت بوته‌های چای ترش، وزن خشک بوته، وزن خشک غوزه، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن دانه، وزن کاسبرگ در بوته، عملکرد زیستی، عملکرد کاسبرگ خشک، عملکرد دانه، شاخص برداشت کاسبرگ، شاخص برداشت دانه و شاخص برداشت دانه و کاسبرگ اندازه‌گیری شدند. وزن خشک کاسبرگ و عملکرد دانه، پس از جداسازی از غوزه، در سایه خشکانده شده و با ترازوی دقیق توزین شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد زیستی پنج نمونه بوته از هر تیمار در مرحله رسیدگی محصول برداشت شدند. در بوته‌های برداشت شده غوزه‌ها جدا و شمارش شدند. غوزه‌ها پس از جداسازی کاسبرگ‌ها و بذرهای درون آن‌ها به‌مدت یک هفته در سایه خشکانده شدند. نمونه‌های گیاهی نیز در آون خشکانده شده و مجموع وزن نمونه‌ها و وزن غوزه‌های خشک به‌عنوان عملکرد زیستی در نظر گرفته شدند. عملکرد کاسبرگ خشک با استفاده از وزن خشک کاسبرگ‌ها و تعداد غوزه‌ها در بوته، محاسبه شد. اجزای عملکرد با شمارش تعداد دانه‌ها در غوزه و تعداد غوزه‌ها در بوته و اندازه‌گیری وزن هزار دانه و عملکرد دانه در نمونه‌های برداشت شده از هر کرت محاسبه شدند. شاخص برداشت کاسبرگ و شاخص برداشت دانه نیز از نسبت وزن هرکدام از آن‌ها به عملکرد زیستی محاسبه شد. محتوای آنتوسیانین کاسبرگ‌های برداشت شده از هر کرت با استفاده از روش واگنر (Wagner, 1979) اندازه‌گیری شد. تجزیه داده‌ها به‌صورت کرت‌های خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel

انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت، تراکم بوته و برهمکنش آنها بر ارتفاع بوته‌های چای ترش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، ارتفاع بوته‌های چای ترش در تاریخ کاشت اول اردیبهشت و تراکم‌های چهار، ۱۲ و هشت بوته در مترمربع (به‌ترتیب با ۱۹۸/۲، ۱۹۷/۹ و ۱۹۴/۶ سانتی‌متر) دارای بیشترین و ارتفاع بوته‌ها در تاریخ کاشت ۲۲ فروردین و تراکم‌های هشت، ۱۲ و چهار بوته در مترمربع (به‌ترتیب با ۱۵۵، ۱۵۶/۳ و ۱۵۷/۳ سانتی‌متر) دارای کمترین مقدار بودند (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر شاخص سطح برگ چای ترش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقادیر شاخص سطح برگ (۹، ۸/۵، ۸ و ۵/۵) به‌ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت ۱۰، ۱، ۲۰ اردیبهشت و ۲۲ فروردین و کمترین مقدار آن (۴/۳) مربوط به تاریخ کاشت اول خرداد بود (شکل ۱).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تاریخ کاشت بر وزن خشک گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، در تاریخ‌های کاشت ۱۰ و ۲۰ اردیبهشت بیشترین (به‌ترتیب ۶۶۹/۷ و ۶۲۵/۶ گرم) و در تاریخ‌های کاشت ۲۲ فروردین و اول خرداد کمترین (۲۶۰/۱ و ۳۴۷/۶ گرم) مقدار وزن خشک گیاه به‌دست آمد (شکل ۲). وزن خشک گیاه چای ترش در تاریخ کاشت اول اردیبهشت در مقایسه با اول خرداد، ۶۱ درصد بیشتر بود. گزارش شده است که در گیاه چای ترش، با افزایش میزان رشد رویشی، عملکرد و مواد مؤثره آن نیز افزایش خواهد یافت (Purba *et al*., 2020). نتایج نشان داد که ارتفاع بوته‌های چای ترش در تاریخ کاشت اول اردیبهشت و تراکم چهار بوته در مترمربع و سطح برگ و وزن خشک گیاه در تاریخ‌های ۱۰ و اول اردیبهشت بیشترین مقدار را داشتند. افزایش ارتفاع بوته و سطح برگ‌های گیاه، باعث بهبود میزان فتوسنتز و افزایش تولید مواد غذایی می‌شود و احتمالا دلیل بیشتر بودن وزن خشک گیاه در تاریخ‌های کاشت ۱۰ و اول اردیبهشت نیز همین موضوع بوده است. نتایج یک آزمایش روی گیاه چای ترش در کرمان نشان داد که صفات گیاهی به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفته و ارتفاع بوته در تاریخ کاشت ۲۰ فروردین در مقایسه با ۱۰ فروردین بیشتر بود (Alizade Moradi *et al*., 2019) که این یافته با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد. کاهش ارتفاع بوته‌های چای ترش در اثر تأخیر در کاشت، به‌دلیل کوتاه‌تر شدن دوره رشد رویشی گیاه و مواجه شدن آن با دمای بالای هوا می‌باشد (Parsa Motlagh *et al*., 2017). فرامرزی و همکاران (Faramarzi *et al*., 2012) در ارزیابی اثر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد ارقام پنبه در شهرستان میانه استان آذربایجان شرقی گزارش کردند که بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته در در تاریخ ۱۰ اردیبهشت (در مقایسه با ۲۰ خرداد) مشاهده شد. ثقه‌الاسلامی و همکاران (Seghatoleslami *et al*., 2013) نیز گزارش کردند که در منطقه بیرجند، رشد و عملکرد گیاه چای ترش در تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت در مقایسه با تاریخ‌های کاشت ۱۰ و ۳۰ خرداد، بالاتر بود که نتایج پژوهش حاضر نیز این موضوع را تایید می‌کند. افزون بر این، تراکم بوته نیز روی ویژگی‌های رشدی گیاهان اثرگذار است و متراکم بودن بوته‌ها باعث کاهش رشد بوته‌ها می‌شود که دلیل آن افزایش رقابت برای جذب مواد غذایی و تابش خورشید است (Parsa Motlagh *et al*., 2017).

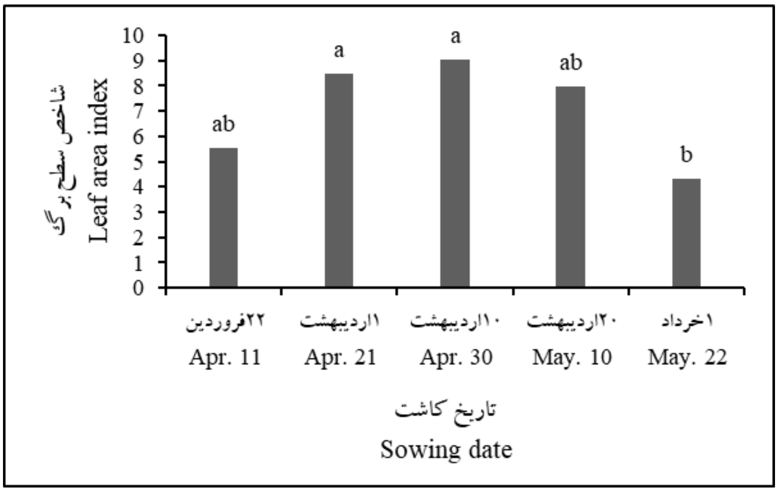
جدول ۳- مقایسه میانگین صفات گیاهی چای ترش در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم بوته

Table 3. Means comparison of plant traits of roselle in interaction of sowing date and plant density treatments

Treatment	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد غوزه در بوته No. of boll.plant^{-1}	تعداد دانه در غوزه No. of seed.boll^{-1}	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	وزن خشک کاسبرگ Sepal weight (g.plant^{-1})
Sowing date × Plant density	تاریخ کاشت × تراکم بوته					
Apr. 11 × 4 Plant.m^{-2}	۲۲ فروردین × ۴ بوته در مترمربع	157.3ef	143.7e	19.3def	16.6cd	26.9c
Apr. 11 × 8 Plant.m^{-2}	۲۲ فروردین × ۸ بوته در مترمربع	155.0f	141.7ef	19.3def	17.0cd	26.9c
Apr. 11 × 12 Plant.m^{-2}	۲۲ فروردین × ۱۲ بوته در مترمربع	156.3ef	137.0efg	18.7fe	18.3ab	28.2c
Apr. 21 × 4 Plant.m^{-2}	۱ اردیبهشت × ۴ بوته در مترمربع	197.9a	194.0c	22.0b	17.6abc	38.8b
Apr. 21 × 8 Plant.m^{-2}	۱ اردیبهشت × ۸ بوته در مترمربع	194.6ab	202.0b	20.0cde	19.0a	40.3ab
Apr. 21 × 12 Plant.m^{-2}	۱ اردیبهشت × ۱۲ بوته در مترمربع	198.2a	203.7b	21.3bc	18.6a	40.0ab
Apr. 30 × 4 Plant.m^{-2}	۱۰ اردیبهشت × ۴ بوته در مترمربع	186.7bc	213.3a	24.0a	18.9a	43.3a
Apr. 30 × 8 Plant.m^{-2}	۱۰ اردیبهشت × ۸ بوته در مترمربع	188.3bc	200.7bc	22.7ab	19.0a	40.6ab
Apr. 30 × 12 Plant.m^{-2}	۱۰ اردیبهشت × ۱۲ بوته در مترمربع	187.7bc	215.7a	22.0b	18.6a	43.9a
May 10 × 4 Plant.m^{-2}	۲۰ اردیبهشت × ۴ بوته در مترمربع	178.3d	173.0d	20.3cd	17.5-d	39.8ab
May 10 × 8 Plant.m^{-2}	۲۰ اردیبهشت × ۸ بوته در مترمربع	176.7d	174.0d	21.3bc	17.5a-d	39.7ab
May 10 × 12 Plant.m^{-2}	۲۰ اردیبهشت × ۱۲ بوته در مترمربع	180.3cd	179.3d	20.3cd	16.6cd	42.2ab
May 22 × 4 Plant.m^{-2}	۱ خرداد × ۴ بوته در مترمربع	163.3e	131.7g	18.7fe	16.3cd	25.9c
May 22 × 8 Plant.m^{-2}	۱ خرداد × ۸ بوته در مترمربع	163.3e	135.0fg	19.3def	16.0cd	28.3c
May 22 × 12 Plant.m^{-2}	۱ خرداد × ۱۲ بوته در مترمربع	173.7d	132.0g	18.3f	17.0cd	25.7c

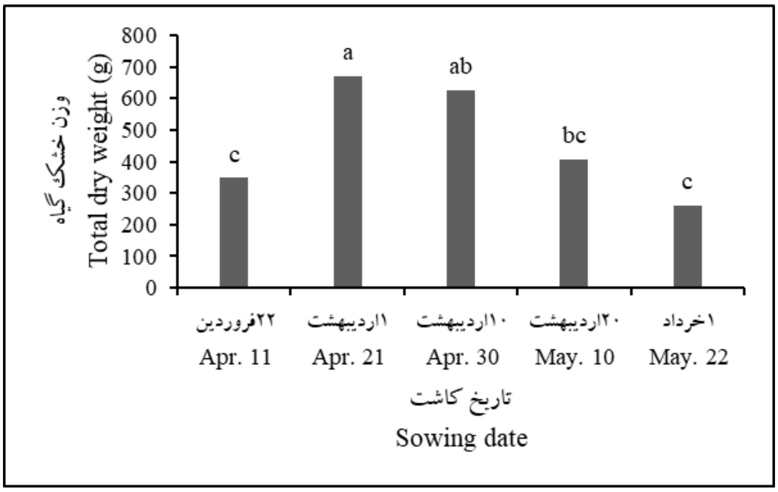
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test



شکل ۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ چای ترش در تیمارهای تاریخ کاشت

Fig. 1. Mean comparison of leaf area index of roselle in sowing date treatments

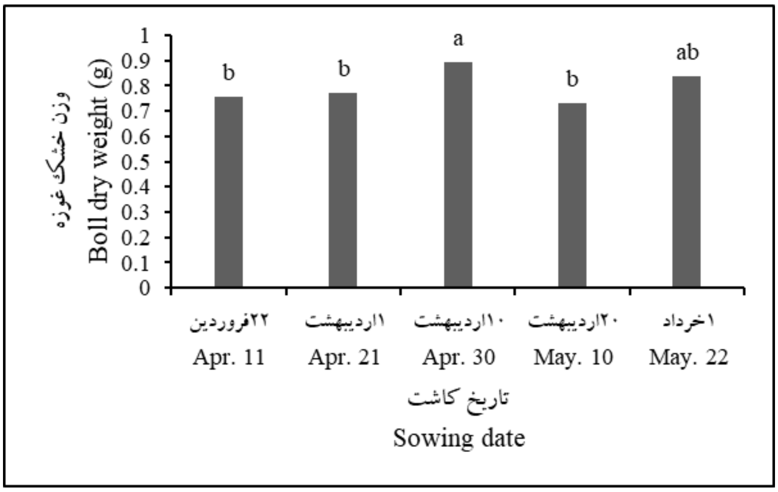


شکل ۲- مقایسه میانگین وزن خشک چای ترش در تیمارهای تاریخ کاشت

Fig. 2. Mean comparison of total dry weight of roselle in sowing date treatments

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر وزن خشک غوزه گیاه چای ترش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک غوزه مربوط به تاریخ‌های ۱۰ اردیبهشت و یک خرداد (به ترتیب با ۰/۸۹۳ و ۰/۸۳۹ گرم) و کمترین مقدار آن (۰/۷۳۰ و ۰/۷۵۵ گرم) مربوط به تاریخ‌های کاشت ۲۰ اردیبهشت و ۲۲ فروردین بود (شکل ۳). وزن خشک غوزه در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت در مقایسه با ۲۰ اردیبهشت، ۱۸ درصد بیشتر بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر محتوای آنتوسیانین کاسبرگ‌های گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان آنتوسیانین کاسبرگ (۰/۳۲۹، ۰/۲۹۱ و ۰/۲۷۳ میکرومول در گرم) به‌ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت ۱۰، ۱ و ۲۰ اردیبهشت و کمترین مقدار آن نیز مربوط به تاریخ‌های کاشت ۲۲ فروردین و اول خرداد (به‌ترتیب ۰/۲۲۴



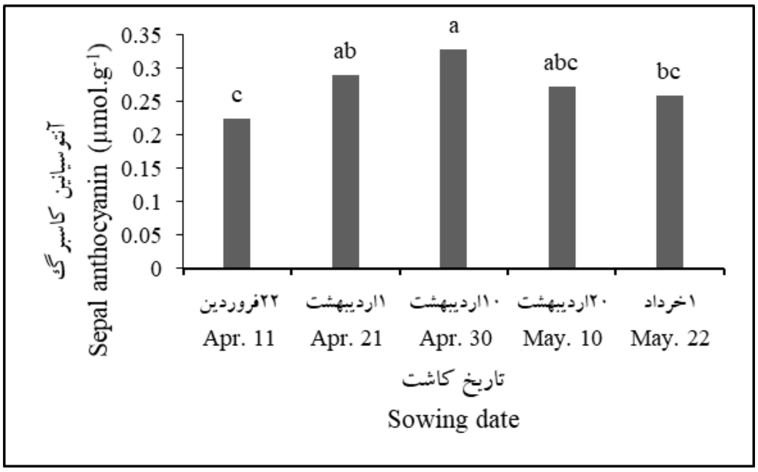
شکل ۳- مقایسه میانگین وزن خشک غوزه چای ترش در تیمارهای تاریخ کاشت

Fig. 3. Mean comparison of boll dry weight of roselle in sowing date treatments

و ۰/۲۵۹ میکرومول در گرم) بود. بین تاریخ‌های کشت ۱، ۱۰ و ۲۰ اردیبهشت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. محتوای آنتوسیانین کاسبرگ در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت در مقایسه با ۲۲ فروردین، ۳۲ درصد بیشتر بود (شکل ۴). نتایج آزمایش مفتاحی‌زاده (Meftahizadeh, 2021) نیز نشان داد که محتوای آنتوسیانین کاسبرگ ارقام چای ترش در تاریخ کاشت فروردین نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت بیش‌تر بود. نتایج یک آزمایش در کشور مصر نشان داد که بیشترین مقدار آنتوسیانین کاسبرگ چای ترش در تاریخ کاشت اوایل اردیبهشت به‌دست آمد (Attia and Khater, 2015). به نظر می‌رسد که میزان فتوسنتز و تولید مواد پرورده در اوایل اردیبهشت بیشتر بوده و انتقال آنها به اندام‌های زایشی بیشتر و در نتیجه عملکرد کاسبرگ و محتوای آنتوسیانین به‌صورت قابل توجهی افزایش می‌یابد (Shaker, 2013). تاریخ کاشت بر طول دوره مراحل فنولوژیک گیاه و دمای تجمعی دریافت شده توسط گیاه اثر معنی‌داری داشته و باعث افزایش محتوای آنتوسیانین‌ها و فنل‌های کل گیاه می‌شود. به‌طور معمول حداکثر میزان آنتوسیانین‌ها در مرحله گلدهی گیاهان است، بنابراین تاخیر در کاشت باعث کاهش طول دوره گلدهی و کاهش بیوسنتز ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها می‌شود (Parsa Motlagh *et al*., 2018).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر تعداد غوزه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان تعداد غوزه در بوته (۲۱۵/۷، ۲۱۳/۳ و ۲۰۰/۷) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم‌های ۱۲، چهار و هشت بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن (۱۳۱/۷ و ۱۳۲/۰) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول خرداد و تراکم‌های چهار و ۱۲ بوته در مترمربع بود. تعداد غوزه در بوته در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت و ۱۲ بوته در مترمربع در مقایسه با اول خرداد و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع، ۳۹ درصد بیشتر بود (جدول ۳).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر تعداد دانه در غوزه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غوزه (۲۴/۰ و ۲۲/۷ دانه) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم‌های چهار و هشت بوته در مترمربع



شکل ۴- مقایسه میانگین محتوای آنتوسیانین کاسبرگ چای ترش در تیمارهای تاریخ کاشت

Fig. 4. Mean comparison of sepal anthocyanin content of roselle in sowing date treatments

بود. در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت بین تراکم‌های چهار و هشت بوته در مترمربع تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کمترین تعدا دانه در غوزه (۱۸/۳، ۱۸/۷ و ۱۸/۷) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول خرداد و تراکم ۱۲ و چهار بوته در مترمربع و ۲۲ فروردین و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع بود. تعداد دانه در غوزه در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم چهار بوته در مترمربع در مقایسه با اول خرداد و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع، ۲۴ درصد بیشتر بود (جدول ۳).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن هزار دانه (۱۹ و ۱۹ گرم) به‌ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت ۱و ۱۰ اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن (۱۶، ۱۶/۳ و ۱۶/۶ گرم) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول خرداد و تراکم هشت و چهار بوته در مترمربع و ۲۰ اردیبهشت و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع بود. وزن هزار دانه در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع، در مقایسه با اول خرداد و تراکم هشت بوته در مترمربع، ۱۶ درصد بیشتر بود (جدول ۳).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر وزن خشک کاسبرگ در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقدار وزن خشک کاسبرگ (۴۳/۹ و ۴۳/۳ گرم در بوته) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت و تراکم‌های ۱۲ و چهار بوته در مترمربع و کم‌ترین مقدار آن (۲۵/۷ و ۲۵/۹ گرم در بوته) مربوط به تاریخ کاشت ۲۲ فروردین و تراکم‌های چهار و هشت بوته در مترمربع بود. وزن خشک کاسبرگ در بوته در تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع، در مقایسه با ۲۲ فروردین و تراکم چهار بوته در مترمربع، ۲۱ درصد بیشتر بود (جدول ۳).

برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد زیستی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقدار عملکرد زیستی (۴۴۷۰۷/۴، ۴۴۵۴۰/۴ و ۴۴۵۳۷/۶ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول اردیبهشت و تراکم‌های هشت، ۱۲ و چهار بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن (۱۸۸۶۲/۳ و ۱۹۰۲۰/۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تاریخ کاشت اول خرداد و تراکم‌های

۱۲ و چهار بوته در مترمربع بود. عملکرد زیستی در تاریخ کاشت اول اردیبهشت و تراکم بوته هشت بوته در مترمربع در مقایسه با اول خرداد و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع، ۵۸ درصد بیشتر بود (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد زیستی، عملکرد کاسبرگ، عملکرد دانه و شاخص برداشت گیاه چای ترش در برهمکنش تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم بوته

Table 4. Means comparison of biological yield, sepal yield, seed yield and harvest index of roselle in interaction of sowing date and plant density treatments

Treatment	تیمارهای آزمایشی	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد کاسبرگ Sepal yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت دانه Seed harvest index (%)
Sowing date × Plant density	تاریخ کاشت × تراکم بوته				
Apr. 11 × 4 Plant.m^{-2}	۲۲ فروردین × ۴ بوته در مترمربع	24118.9d	1796.4f	3060.0d	13.0bcd
Apr. 11 × 8 Plant.m^{-2}	۲۲ فروردین × ۸ بوته در مترمربع	22708.3e	1834.5f	3165.6d	13.9abc
Apr. 11 × 12 Plant.m^{-2}	۲۲ فروردین × ۱۲ بوته در مترمربع	23705.6de	1954.2e	3145.8d	12.7cd
Apr. 21 × 4 Plant.m^{-2}	۱ اردیبهشت × ۴ بوته در مترمربع	44540.4a	2674.7d	5187.1bc	11.8d
Apr. 21 × 8 Plant.m^{-2}	۱ اردیبهشت × ۸ بوته در مترمربع	44707.2a	2810.7bc	5259.3bc	11.8d
Apr. 21 × 12 Plant.m^{-2}	۱ اردیبهشت × ۱۲ بوته در مترمربع	44537.6a	2761.6cd	5662.7b	12.5cd
Apr. 30 × 4 Plant.m^{-2}	۱۰ اردیبهشت × ۴ بوته در مترمربع	42793.4b	2869.7b	5971.1ab	15.5a
Apr. 30 × 8 Plant.m^{-2}	۱۰ اردیبهشت × ۸ بوته در مترمربع	42951.7b	2985.4a	6638.8a	14.1abc
Apr. 30 × 12 Plant.m^{-2}	۱۰ اردیبهشت × ۱۲ بوته در مترمربع	43247.3b	3027.2a	6073.7ab	14.0abc
May 10 × 4 Plant.m^{-2}	۲۰ اردیبهشت × ۴ بوته در مترمربع	30303.5c	2841.9bc	4415.6c	15.1a
May 10 × 8 Plant.m^{-2}	۲۰ اردیبهشت × ۸ بوته در مترمربع	30148.4c	2822.8bc	4649.4c	15.9a
May 10 × 12 Plant.m^{-2}	۲۰ اردیبهشت × ۱۲ بوته در مترمربع	30285.9c	3015.2a	4363.9c	14.9a
May 22 × 4 Plant.m^{-2}	۱ خرداد × ۴ بوته در مترمربع	19020.9g	1827.8f	2837.3d	15.4a
May 22 × 8 Plant.m^{-2}	۱ خرداد × ۸ بوته در مترمربع	20369.6f	2000.7e	2941.9d	15.7a
May 22 × 12 Plant.m^{-2}	۱ خرداد × ۱۲ بوته در مترمربع	18862.3g	1852.0f	2910.9d	16.0a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد کاسبرگ خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد کاسبرگ خشک (۳۰۲۷/۲، ۳۰۱۵/۲ و ۲۹۸۵/۴ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع، ۲۰ اردیبهشت و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع و ۱۰ اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع (بدون اختلاف معنی‌دار) و کمترین مقدار آن (۱۷۹۶/۴، ۱۸۲۷/۸ و ۱۸۳۴/۵ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت ۲۲ فروردین و تراکم چهار بوته در مترمربع، اول خرداد و تراکم چهار بوته در مترمربع و ۲۲ فروردین و تراکم هشت بوته در مترمربع بود (جدول ۴). عملکرد کاسبرگ خشک در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع در مقایسه با ۲۲ فروردین و تراکم چهار بوته در مترمربع، ۴۱ درصد بیشتر بود (جدول ۴).

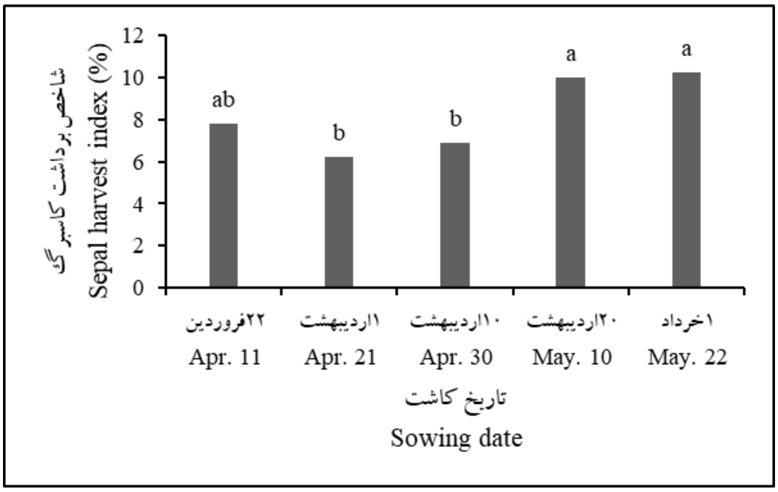
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقدار عملکرد دانه (۶۶۳۸/۸، ۶۰۷۳/۷ و ۵۹۷۱/۱ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم‌های ۸، ۱۲ و

چهار بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن (۲۸۳۷/۳، ۲۹۱۰/۹ و ۲۹۴۱/۹ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول خرداد و تراکم‌های چهار، ۱۲ و هشت بوته در مترمربع بود. عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع در مقایسه با اول خرداد و تراکم چهار بوته در مترمربع، ۵۷ درصد بیشتر بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که صفات گیاهی و عملکرد گیاه چای ترش در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت دارای بیشترین مقدار بودند و با تاخیر در کاشت و نزدیک شدن به خرداد، مقدار آنها کاهش یافت. هماهنگ با نتایج پژوهش حاضر، مفتاحی‌زاده (Meftahizadeh, 2021) نیز گزارش کرد که وزن خشک غوزه و وزن خشک کاسبرگ توده‌های محلی چای ترش در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت دارای بیشترین مقدار بود.

با توجه به رشد بهینه گیاه چای ترش در دمای ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد و نظر به دمای هوا در طول اجرای آزمایش (جدول ۱)، به‌نظر میرسد که تاخیر در کاشت چای ترش باعث مواجه‌شدن مراحل اولیه رشد گیاه با هوای گرم و اختلال در فعالیت‌های آنزیمی، کاهش جذب و پویایی مواد می‌شود. کاهش قابل‌توجه تعداد غوزه‌ها، وزن خشک غوزه، وزن هزار دانه و وزن کاسبرگ در بوته، با تاخیر در کاشت، احتمالاً به‌دلیل بالا رفتن دما در طی دوره رشد، کوتاه شدن دوره رشد رویشی، هم‌زمانی دوره رشد زایشی گیاه با هوای گرم اوایل تابستان و وقوع تنش رطوبتی، کاهش سطح برگ‌ها و فتوسنتز گیاه باشد که باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه چای ترش می‌شود (Parsa Motlagh *et al*., 2017). در آزمایش غلام و موسوی (Gholam and Moosavi, 2012) روی چای ترش در شرایط آب و هوایی بیرجند گزارش شد که بیشترین مقدار عملکرد کاسبرگ در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت به‌دست آمد و تاخیر در کاشت (در مقایسه با ۴ و ۲۴ خرداد) باعث کاهش ۹/۴ درصدی عملکرد کاسبرگ شد. علیزاده مرادی و همکاران (Alizade Moradi *et al*., 2018) نیز گزارش دادند که کاشت چای ترش در تاریخ ۲۰ فروردین تا ۱۰ اردیبهشت تاثیر مثبتی بر تعداد غوزه داشت که نتایج پژوهش حاضر نیز این موضوع را تایید می‌کند. گزارش شده است که تاخیر در کاشت گیاهان زیره سبز (Ghorbani *et al*., 2009) نیز باعث کاهش عملکرد دانه و در پنبه (Faramarzi *et al*., 2012) باعث کاهش تعداد غوزه، تعداد دانه در غوزه و عملکرد وش شد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که اکثر اجزای عملکرد گیاه چای ترش در تراکم هشت بوته در مترمربع نسبت به چهار و ۱۲ بوته در هکتار برتری داشتند. در یک آزمایش روی گیاه چای ترش در سودان، کاهش تعداد کاسبرگ‌ها در بوته با افزایش تراکم بوته گزارش شده و افزایش تراکم بوته باعث کاهش وزن کاسبرگ‌ها و تعداد دانه در غوزه شد (El Naim *et al*., 2012). نتایج آزمایش حیدرپور و همکاران (Heydarpour *et al*., 2021) روی گیاه ماشک دیم، اثر مثبت افزایش تراکم بوته بر عملکرد علوفه و عملکرد دانه و زیست‌توده را نشان داد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر شاخص برداشت کاسبرگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت کاسبرگ (۱۰/۲ و ۱۰/۰ درصد) به‌ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت اول خرداد و ۲۰ اردیبهشت و کمترین مقدار آن (۶/۲ و ۶/۸ درصد) به‌ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت اول و ۱۰ اردیبهشت بود. شاخص برداشت کاسبرگ در تاریخ کاشت اول خرداد در مقایسه با اول و ۱۰ اردیبهشت، به‌ترتیب ۲۳ و ۳۹ درصد بیشتر بود (شکل ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر شاخص برداشت دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقدار شاخص برداشت دانه (۱۶/۰،



شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص برداشت کاسبرگ چای ترش در تیمارهای تاریخ کاشت

Fig. 5. Mean comparison of sepal harvest index of roselle in sowing date treatments

۱۵/۹ و ۱۵/۷ درصد) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول خرداد و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع، ۲۰ اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع و اول خرداد و تراکم هشت بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن (۱۱/۸، ۱۱/۸ و ۱۲/۵ درصد) به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول اردیبهشت و تراکم‌های چهار ، هشت و ۱۲ بوته در مترمربع بود. شاخص برداشت دانه در تاریخ کاشت اول خرداد و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع در مقایسه با اردیبهشت و تراکم چهار بوته در مترمربع، ۲۶ درصد بیشتر بود (جدول ۴).

شاخص برداشت دانه در تاریخ‌های کاشت اول و ۱۰ اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع بالاتر بوده و در تاریخ کاشت زودتر و دیرتر، مقدار آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۴). شاخص برداشت کاسبرگ در تیمارهای تاریخ کاشت روند منظمی نداشت و در تاریخ‌های کاشت ۲۲ فروردین و ۲۰ اردیبهشت و اول خرداد مقدار آن زیاد و در اول و ۱۰ اردیبهشت مقدار آن پایین بود (شکل ۵). هماهنگ با نتایج این آزمایش، میر و همکاران (Mir *et al.*, 2011) نیز گزارش کردند که شاخص برداشت کاسبرگ گیاه چای ترش در تاریخ‌های مختلف کاشت در منطقه زابل روند مشخصی نداشت و بیشترین و کمترین شاخص برداشت را به‌ترتیب در تاریخ‌های کاشت ۶ و ۲۱ فروردین، ۲۰ اسفند و ۵ اردیبهشت و تراکم ۳/۵ بوته در مترمربع (نسبت به ۴ و ۸ بوته در مترمربع) گزارش کردند. نتایج یک آزمایش درباره اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر گیاه چای ترش در منطقه بیرجند نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر شاخص برداشت کاسبرگ معنی‌دار نبود و با افزایش تراکم از ۸ به ۱۳/۳ بوته در مترمربع، از مقدار آن کاسته شد (Gholam and Moosavi, 2012). پارسا مطلق و همکاران (Parsa Motlagh *et al.*, 2017) گزارش کردند که افزایش تراکم بوته از ۴ به ۵/۳ و هشت بوته در مترمربع باعث کاهش قابل‌توجه شاخص برداشت دانه چای ترش شد. بر اساس نتایج آزمایش حاضر و نتایج سایر پژوهش‌ها روی ویژگی‌های رشدی و اجزای عملکرد گیاه چای ترش در اقلیم‌های مختلف، به نظر می‌رسد که افزایش تراکم بوته در سطح همواره با افزایش شاخص برداشت دانه و کاسبرگ همراه نیست (Parsa Motlagh *et al.*, 2017).

نتیجه‌گیری

زراعت چای ترش هزینه بالایی دارد که با انتخاب تاریخ کاشت و تراکم بوته مناسب، میزان رشد و عملکرد آن افزایش یافته و هزینه تولید کاهش خواهد یافت. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که اگرچه بالاترین میزان شاخص برداشت دانه و کاسبرگ چای ترش در تاریخ کاشت اول خرداد به‌دست آمد، ولی اکثر ویژگی‌های رشد و اجزای عملکرد در تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع نسبت به سایر تاریخ‌ها و تراکم‌ها برتری داشتند. نتایج نشان داد که تاخیر در کاشت باعث کاهش ویژگی‌های رشدی و اجزای عملکرد گیاه چای ترش شد که احتمالا دلیل آن افزایش دمای هوا و تاثیر منفی آن بر رشد و عملکرد گیاه است. بر اساس نتایج آزمایش حاضر، در شرایط آب و هوایی اهواز تاریخ کشت ۱۰ اردیبهشت و تراکم هشت بوته در مترمربع برای زراعت چای ترش مناسب‌تر است که البته توصیه دقیق‌تر، نیاز به آزمایش‌های تکمیلی دارد.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز جهت حمایت مالی و از معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان و مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، برای تامین زمین، بذر و سایر نهاده‌های مورد نیاز در مزرعه و آزمایشگاه سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورداستفاده

References

Alizade Moradi, M., Ramroudi, M. and Asgharipour, M.R. 2018. Response of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a medicinal plant to planting date and micronutrient spraying in alley cropping. *Applied Field Crops Research*, 31(2), pp.119-134. [In Persian]. doi: 10.22092/aj.2018.120272.1240

Attia, E.M. and Khater, R.M. 2015. Effect of different planting dates and organic fertilizers treatments on growth and yield of *Hibiscus sabdariffa* L. plants. *Egyptian Journal of Desert Research*, 65(1), pp.153-170. https://doi.org/10.21608/ejdr.2015.5806

Baloch, A.W., Soomro, A.M., Javed, M.A., Ahmed, M., Bughio, H.R., Bughio, M.S. and Mastoi, N.N. 2002. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Science*, 1(1), pp.25-27. https://doi.org/10.3923/AJPS.2002.114.116

Behnamfar, K. and Abbas Torki, T. 2020. Roselle. *Jahad Agricultural Organization of Khouzestan Press*. pp.1-8. [In Persian].

Borji Abad, A., Galavi, M. amd Ramroodi, M. 2017. The effect of plant density and iron and zinc on yield and quality of roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Plant Ecophysiology (Arsanjan Branch)*, 9(28), pp.156-167. [In Persian]. https://sid.ir/paper/188329/fa

Bozorgi, H.R., Faraji, A., Danesh, R.K., Keshavarz, A., Azarpour, E. and Tarighi, F. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of rice. *World Applied Sciences Journal*, 12(11), pp.2053-2057. https://www.semanticscholar.org/paper/4db23100f9c40e0bf212d5ca1afc0453157aaee2

Chew, L.Y., Teng, S.K., Neo, Y.P., Sim, Y.Y. and Chew, S.C., 2024. The potential of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) plant in industrial applications: A promising source of functional compounds. *Journal of Oleo*

Science, 73(3), pp.275-292. https://doi.org/10.5650/jos.ess23111

El Naim, A.M., Elhag, H.K., Khlid, A., Feisal, M.I. and Moayad, M.B. 2012. Growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as influenced by plant population in arid tropic of Sudan under rain-fed. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 2(3), pp.88-91. http://article.sapub.org/10.5923.j.ijaf.20120203.02.html

Faramarzi, A., Seyedin, S., Mohbali Poor, N. and Shahrokhi, S. 2012. Study of sowing date on yield and components of three cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars in Mianeh region. *Journal of Research in Crop Science*s, 16(4), pp.27-38. [In Persian].

Gholam, S. and Moosavi, R. 2012. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of Roselle. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(9), pp.1627-1632. https://doi.org/10.5897/JMPR11.1318

Ghorbani, R., Koocheki, A.R., Jahani, M., Hosseini, A., Mohammad-Abadi, A.A. and Sabet Teimouri, M. 2009. Effect of planting date, weed control time and method on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1), pp.143-150. [In Persian]. doi: 20.1001.1.20081472.1388.7.1.15.3

Heydarpour, N., Namdari, A. and Arani, A.B. 2021. The response of vetch (*Vicia sativa*) growth and yield to planting density and starter nitrogen under conservation and conventional conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(1) pp.167-176. [In Persian]. doi: 10.22059/IJFCS.2020.289784.654645

Meftahizadeh, H. 2021. Evaluation of yield and phytochemical of ten local landraces and cultivars of *Hibiscus sabdariffa* L. in different planting dates. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(3), pp.711-720. [In Persian]. doi: 85864_d85fcec3f3b4a6be79ce391493dbf54e.pdf

Mir, B., Ghanbari, A., Ravan, S. and Asgharipour, M. 2011. Effects of plant density and sowing date on yield and yield components of *Hibiscus sabdariffa* var. Sabdariffa in Zabol region. *Advances in Environmental Biology*, 5(6), pp.1156-1162.

Mokhtarpour, H., Feyzbakhsh, M.T., Mossavat, S.A. and Pourfarid, A. 2008. Effects of sowing date and plant density on ear yield of sweet corn in summer sowing. *Electronic Journal of Crop Production*, 1(1), pp.101-113. [In Persian]. https://sid.ir/paper/135065/en

Parsa Motlagh, B. and Yazdini Bioki, R. 2018. Roselle: a medicinal plant that tolerates adverse environmental conditions. *Publication of Agricultural Education*. [In Persian].

Parsa Motlagh, B., Rezvani Moghaddam, P. and Azami Sardooei, Z. 2018. Responses of calyx phytochemical characteristic, yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) to different sowing dates and densities. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 5(2), pp.241-251. https://ijhst.ut.ac.ir/ijhst.ut.ac.ir/article_69073.html

Parsa Motlagh, B., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R. and Azami Sardooei, Z. 2017. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under Jiroft

climate conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(4), pp.735-745. [In Persian]. doi: 10.22067/GSC.V14I4.47549

Purba, H., Simanjuntak, H.A. and Situmorang, R. 2020. Phytochemical screening of bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* L) and antimicrobial activity test. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 12(2), pp.70-78. 10.24114/jpkim.v12i2.19398

Saod, W.M., Al-Janaby, M.S., Gayadh, E.W., Ramizy, A. and Hamid, L.L. 2024. Biogenic synthesis of iron oxide nanoparticles using *Hibiscus sabdariffa* extract: Potential for antibiotic development and antibacterial activity against multidrug-resistant bacteria. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 100397. https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100397

Seghatoleslami, M.J., Mousavi, S.G. and Barzegaran, T. 2013. Effect of irrigation levels and planting date on yield and water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 29(1), pp.144-156. [In Persian]. doi: 10.22092/ijmapr.2013.2896

Shaker, Z. 2013. Effect of sowing date and row spacing on growth, yield and some quality properties of medicinal plant roselle (*Hibiscus sabdariffa*) under Darab weather conditions. M.Sc Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. [In Persian].

Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology*, 64(1), pp.88-93. https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88

Yagi, S., Uba, A.I., Sinan, K.I., Piatti, D., Sagratini, G., Caprioli, G., Eltigani, S.M., Lazarova, I. and Zengin, G. 2023. Comparative study on the chemical profile, antioxidant activity, and enzyme inhibition capacity of red and white *Hibiscus sabdariffa* variety Calyces. *ACS Omega*, 8(45), pp.42511-42521. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c05217